



BEZPIECZEŃSTWO TRANSPORTU ŁADUNKÓW OBJĘTYCH UMOWĄ ADR W WOJEWÓDZTWIE ŚLĄSKIM

Katarzyna Dohn¹, Sabina Widłok²

¹Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania

²TÜV Rheinland Polska Sp. z o.o.

Streszczenie: Organizacja transportu ładunków niebezpiecznych jest procesem silnie ograniczonym przez regulacje prawne oraz ryzyko, które pociąga za sobą nienależyte postępowanie z ładunkami. Od właściwego zaplanowania i zrealizowania procesu transportu zależy wiele czynników, których wypadkową jest bezpieczeństwo. Głównym aktem prawnym w Europie, który reguluje międzynarodowy przewóz towarów niebezpiecznych kołowymi drogami transportu, jest umowa ADR. Przepisy umowy określają specyficzne warunki przewozu, celem zapewnienia bezpieczeństwa przy jednoczesnym dążeniu do racjonalnego przepływu towarów. W artykule podjęto próbę oceny infrastruktury województwa śląskiego do realizacji przewozów materiałów niebezpiecznych, a także dokonano oceny ryzyka zagrożeń wynikających z realizacji transportu ww. ładunków, wykorzystując analizę AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Celem nadrzędnym analizy było bezpieczeństwo w zakresie drogowego transportu ładunków niebezpiecznych na terenie województwa śląskiego.

Słowa kluczowe: infrastruktura, transport, bezpieczeństwo przewozu ładunków, ładunki niebezpieczne, metoda AHP

DOI: 10.17512/znpcz.2017.1.1.19

Wprowadzenie

Infrastruktura transportu odgrywa istotną rolę w rozwoju społeczno-gospodarczym poprzez umożliwienie realokacji aktywności gospodarczej oraz wzrost otwartości regionów, a brak ścisłego ukierunkowania na jej rozwój istotnie ogranicza możliwości dalszego rozwoju gospodarki narodowej. Oprócz funkcji akceleratora infrastruktura transportu pełni funkcję transferową, a więc stwarza odpowiednie warunki do przemieszczania ładunków i osób. Odpowiednie warunki do transportu powinny zapewniać wysoki poziom bezpieczeństwa, który jest nie tylko wymogiem prawnym, ale i kwestią nadrzędną przy modernizacji i rozwoju infrastruktury. Transport ładunków objętych umową ADR jest procesem szczególnie niebezpiecznym i newralgicznym, a wszyscy uczestnicy łańcucha dostaw zobowiązani są do podjęcia szeregu środków zapobiegawczych celem zminimalizowania ryzyka wystąpienia sytuacji zagrażającej życiu lub zdrowiu ludzi i zwierząt oraz środowisku naturalnemu. Właściwe zdefiniowanie wpływu infrastruktury transportu na bezpieczeństwo przewozu ładunków objętych umową ADR umożliwia zidentyfikowanie kryteriów ryzyka, opracowanie strategii działań, a w związku

z tym – poprawę poziomu bezpieczeństwa transportu. W artykule podjęto próbę przeanalizowania możliwości realizacji zadań transportu drogowego w województwie śląskim do przewozu materiałów objętych umową ADR, a także wykorzystano metodę AHP do oceny kryteriów ryzyka i wariantów decyzyjnych w zakresie poprawy bezpieczeństwa transportu drogowego ładunków niebezpiecznych.

Uwarunkowania województwa śląskiego do realizacji zadań transportowych

Województwo śląskie jest nie tylko jednym z kluczowych terenów dla gospodarki Polski, ale przede wszystkim jest obszarem o prawie dwuwiekowej historii przemysłowej. Stanowi bowiem skupisko różnych gałęzi przemysłu i dziedzin gospodarki. Województwo śląskie charakteryzuje się olbrzymim potencjałem ekonomicznym, w wyniku czego na stosunkowo niewielkim obszarze na terenie Polski zgromadziło się ponad 4,5 miliona ludzi, co czyni je jednym z najludniejszych województw w Polsce (zaraz po woj. mazowieckim), a także obszarem o najwyższym stopniu urbanizacji oraz gęstości zaludnienia (Bahlcke, Gawrecki, Kaczmarek 2011). Siedzibą władz województwa są Katowice, czyli najludniejsze miasto województwa śląskiego. Katowice zlokalizowane są na skrzyżowaniu szlaków komunikacyjnych, a przez miasto przebiegają m.in. (Tomanek 2004):

- trasa europejska E75, która stanowi połączenie północy Europy z południem kontynentu. Trasa łączy Finnmark (rejon Norwegii) z greckim miastem Sitia.
- trasa europejska E40, która łączy wschód Europy z państwami położonymi na zachodzie kontynentu. Trasa ta charakteryzuje się największą długością spośród wszystkich przebiegających przez kontynent euroazjatycki, łączy Francję z Kazachstanem.

Województwo położone jest na terenie o dużym zróżnicowaniu geograficznym. Południowa jego część zlokalizowana jest na terenach górskich, ponadto występują również obszary wyżynne i nizinne (Kondracki 2011).

Województwo śląskie charakteryzuje się nie tylko największą gęstością zaludnienia spośród wszystkich województw, ale i największym zagęszczeniem sieci transportowej. W rejonie Górnego Śląska realizowana jest ponad połowa krajowych przewozów kolejowych cargo (Materiały udostępnione przez Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego).

Głównym elementem sieci drogowej w województwie jest węzeł Sośnica znajdujący się na terenie Gliwic, który łączy autostradę A1 i A4 oraz DK44. Jest największym węzłem w Polsce i jednym z największych na terenie Europy (<http://www.gddkia.gov.pl/pl/a/3623/...>). Otwarcie węzła, które miało miejsce w 2009 roku, umożliwiło nie tylko szybki transport między wschodem i zachodem Europy oraz północą i południem, ale również w dużej mierze wpłynęło na redukcję natężenia transportu w centrach miast w woj. śląskim, w których natężenie ruchu w dużej mierze przewyższa średnią krajową. W północnej części województwa przebiega szlak, który stanowi połączenie stolicy Ukrainy z Dreznem oraz Republiką Czeską. Ponadto istotnym elementem infrastruktury drogowej województwa śląskiego jest DTŚ (Drogowa Trasa Średnicowa), która łączy miasta ko-

nurbacji górnośląskiej. Duże zagęszczenie sieci transportowej na terenie województwa wpływa w dużej mierze na atrakcyjność regionu, a także zwiększa jego potencjał w zakresie inwestycji gospodarczych (Materiały udostępnione przez Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego).

Drogi kołowe województwa śląskiego stanowią niespełna 7% dróg kołowych w całym kraju, z czego około 65% to drogi gminne, a 28% drogi powiatowe. Choć nakłady na inwestycje w zakresie modernizacji i rozwoju dróg na terenie województwa są najwyższe spośród wszystkich województw, według danych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad z 2013 r. stan nawierzchni dróg w województwie oceniono jako dobry, jedynie w przypadku niespełna 60% odcinków dróg krajowych oraz autostrad. Ponad 30% dróg charakteryzuje się stanem niezadowalającym i wymaga przeprowadzenia remontu w przyszłości, natomiast 10% dróg jest w bardzo złym stanie i konieczna jest gruntowna modernizacja. Według danych jakości infrastruktury w woj. śląskim w porównaniu z innymi województwami jest poniżej przeciętnej i zajmuje 10. miejsce w zestawieniu. Przy dokonywaniu oceny nie brano pod uwagę odcinków dróg będących w zarządzie miast. Przy uwzględnieniu wszystkich dróg w Polsce drogi kołowe w województwie śląskim są stosunkowo dobrze utrzymane, w zestawieniu zajmują 4. miejsce po woj. pomorskim, łódzkim oraz opolskim (<http://www.gddkia.gov.pl/pl/2982/...>).

Sporym problemem w zakresie infrastruktury są obiekty inżynieryjne, m.in. mosty, wiadukty, które charakteryzują się zagrożoną trwałością eksploatacyjną (dotyczy to głównie gminnych obiektów). Według danych Najwyższej Izby Kontroli na terenie województwa śląskiego 45-90% obiektów będących elementami infrastruktury dróg powiatowych znajduje się w stanie niepokojącym. Jako główne zaniedbania w zakresie utrzymania stanu obiektów wskazano nieusuwanie uszkodzeń stanowiących poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa na drodze.

Diagnoza obecnego stanu funkcjonowania infrastruktury transportu z wykorzystaniem analizy SWOT

Transport substancji niebezpiecznych podlega specjalnym obostrzeniom, głównie z uwagi na ewentualne zagrożenia, które może powodować. Przewóz materiałów niebezpiecznych jest dozwolony po spełnieniu szeregu przepisów i norm, wliczając w to odpowiednie przygotowanie techniczne środka transportu wraz z oznakowaniem i zapewnieniem właściwego wyposażenia. Kluczowym aspektem dla bezpieczeństwa transportu materiałów objętych umową ADR jest wyznaczenie trasy przejazdu oraz miejsc postojowych. Wyznaczenie drogi wymaga uwzględnienia wielu aspektów, do których można zaliczyć m.in. natężenie ruchu, gęstość zabudowy, jakość nawierzchni dróg itp. Przy ocenie infrastruktury drogowej do transportu materiałów niebezpiecznych należy wziąć pod uwagę m.in.:

- średnie oraz maksymalne natężenie ruchu pojazdów,
- rodzaj ruchu pojazdów,
- rodzaj jezdni i związaną z tym wygodę przejazdu,
- możliwość wyboru drogi alternatywnej w sytuacjach awaryjnych,
- struktura i geometria pozioma dróg transportu oraz promienie łuków,

- dopuszczalne prędkości i szacowany czas przejazdu,
- parametry skrzyżowań,
- stan spękań i stopień degradacji nawierzchni, jakość torowisk,
- elementy infrastruktury drogowej z uwzględnieniem stopnia zabezpieczenia zapewniającego bezpieczeństwo ich użytkowania (mosty, tunele, wiadukty itp.)
- stan zimowego utrzymania dróg (odsnieżanie i zwalczanie śliskości zimowej),
- obecność infrastruktury towarzyszącej i jej stan (obiekty uspokojenia ruchu, zatoki przystankowe, chodniki, oświetlenie dróg transportowych).

Diagnozy stanu obecnego infrastruktury drogowej, lotniczej, kolejowej i wodnej śródlądowej województwa śląskiego dokonano, wykorzystując analizę SWOT.

Analizę podzielono na cztery części z uwagi na specyfikę każdej gałęzi transportu: analiza infrastruktury transportu drogowego, kolejowego, wodnego śródlądowego oraz lotniczego.

Analiza SWOT infrastruktury **transportu drogowego** w zakresie przewozu materiałów niebezpiecznych pozwoliła zidentyfikować silne strony infrastruktury, do których zaliczono m.in. relatywnie niewielką ilość ograniczeń naturalnych, związanych głównie z ukształtowaniem terenu, co wpływa nie tylko na bezpieczeństwo przewozu, ale i koszty inwestycji infrastrukturalnych. W znacznym stopniu wpływa to również na korzystną geometrię dróg. Choć na terenie województwa występują różne formy ukształtowania terenu, to zróżnicowanie ma jedynie charakter lokalny. Kolejną istotną silną stroną infrastruktury w zakresie transportu materiałów niebezpiecznych jest dobrze rozbudowana sieć dróg kołowych, co stwarza możliwość wyboru trasy alternatywnej w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnej oraz możliwość wyboru dogodnej trasy spośród licznych dróg województwa. Ponadto województwo charakteryzuje się dobrze rozwiniętą infrastrukturą towarzyszącą m.in. w postaci zatok przystankowych, chodników, oświetlenia dróg transportowych, co rzutuje na bezpieczeństwo transportu. Województwo charakteryzuje się dużym zagęszczeniem dróg dwujezdniowych w stosunku do innych województw, co ma korzystny wpływ na komfort transportu.

Przeprowadzona analiza umożliwiła również zidentyfikowanie słabych stron, które przeważają nad silnymi stronami. Na szczególną uwagę zasługuje zły stan nawierzchni niektórych dróg gminnych i powiatowych. Spękania dróg oraz degradacja nawierzchni przyczyniają się do powstania sytuacji niebezpiecznych na drogach. Oprócz nieuwagi i nieostrożności kierowców, a także niestosowania się do przepisów ruchu drogowego niezwykle często do awarii pojazdu dochodzi w wyniku eksploatacji go w warunkach złego stanu technicznego dróg. Jako częstą przyczynę wypadków można wymienić również oszczędności w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa transportu, np. brak oddzielnych jezdni w przeciwnych kierunkach. Niekorzystny stan zimowego utrzymania dróg, gołoledź oraz zalegający na drogach śnieg znacząco wpływają na spadek poziomu bezpieczeństwa na drogach.

Nie mniej istotnym problemem, z którym borykają się mieszkańcy województwa, jest duże natężenie ruchu, które utrudnia komunikację na drodze oraz uniemożliwia sprawne wykonywanie manewrów. Negatywny wpływ na bezpieczeństwo transportu mają ponadto przebiegające wzdłuż dróg torowiska tramwajowe w centrach miast.

Brak możliwości rozbudowy infrastruktury ze względu na gęstą zabudowę wzdłuż części istniejących dróg w dużej mierze ogranicza rozwój infrastruktury w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa transportu. Gęsta zabudowa, wąskie chodniki oraz brak możliwości przebudowy dróg – to powody, dla których wiele kluczowych tras w województwie śląskim to trasy bez oddzielnych jezdni w przeciwnych kierunkach. Brak możliwości lepszego zagospodarowania przestrzennego dróg wraz z infrastrukturą towarzyszącą przyczyniają się do zwiększenia prawdopodobieństwa wystąpienia sytuacji niebezpiecznych na drogach podczas transportu materiałów niebezpiecznych. Do słabych stron infrastruktury należą również trasy przebiegające przez centra miast, ponieważ w przypadku awarii na niebezpieczeństwo narażonych jest więcej osób, niż w podobnej sytuacji mającej miejsce poza terenem zabudowanym. W przypadku awarii konieczna jest ewakuacja osób oraz właściwe zabezpieczenie terenów zagrożonych.

Istotną cechą infrastruktury województwa śląskiego jest brak spójnej sieci dróg transportowych do przewozu materiałów niebezpiecznych. Według materiałów udostępnionych przez Najwyższą Izbę Kontroli w roku 2012 oraz 2013 wydano ponad 900 pozwoleń na transport materiałów niebezpiecznych (zezwolenie dotyczy możliwości przemieszczania materiałów na terenie całego kraju i jest wydawane na okres 1 roku), a przy tym nie wdrożono żadnych procedur ani metod oceny wytyczania tras do ich przewozu. Brak jednolitej sieci dróg, które są przystosowane do transportu tego typu materiałów, wynika z faktu, że dostarczenie ładunku z miejsca nadania do miejsca odbioru bardzo często wiąże się z koniecznością przewiezienia go przez odcinek trasy (bądź budowlę inżynierską) nieprzystosowany do przewozu materiałów objętych umową ADR.

Oprócz zidentyfikowania silnych i słabych stron infrastruktury woj. śląskiego dokonano oceny szans i zagrożeń. W tym wypadku bez wątpienia przeważają szanse, które mają głównie charakter polityczny, gospodarczy oraz społeczny. Do rozwoju infrastruktury przyczynia się w dużej mierze członkostwo kraju w Unii Europejskiej oraz jej polityka w zakresie tworzenia międzynarodowych korytarzy transportowych. Ponadto województwo śląskie w opracowanej na lata 2012-2022 strategii rozwoju kładzie nacisk na zintegrowanie sieci TEN-T z innymi obszarami województwa, m.in. Częstochową, Bielskiem-Białą i Rybnikiem. Konsekwencja w realizacji planów umożliwi dynamiczny rozwój infrastruktury, nie tylko w obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.

Z kolei zagrożeniami dla rozwoju infrastruktury, a co za tym idzie – bezpieczeństwa transportu, są m.in. zbyt niskie środki finansowe na rozwój i modernizację w odniesieniu do realnych potrzeb. Ponadto nie opracowano planu w zakresie wdrożenia sprawnego systemu umożliwiającego zredukowanie natężenia ruchu drogowego w godzinach szczytu. Bariery społeczne oraz działalność środowisk ekologicznych wpływa na spowolnienie tempa powstawania nowych dróg, a tym samym wzrostu zagęszczenia sieci transportowej na terenie województwa śląskiego. Istotnym zagrożeniem są również skomplikowane procedury, które dotyczą zamówień publicznych, a więc wszelkich inwestycji w rozwój i modernizację dróg w woj. śląskim.

W zakresie **transportu kolejowego** występuje stosunkowo niewiele ograniczeń naturalnych do transportu materiałów objętych umową ADR, co stanowi silną stronę infrastruktury. Gęsta sieć transportowa i rozwinięta infrastruktura skomunikowania stwarza większe możliwości w zakresie planowania tras. Transport kolejowy charakteryzuje się dużym stopniem bezpieczeństwa przewozu w porównaniu z transportem drogowym.

Do słabych stron zaliczono z kolei zły stan torów, rozjazdów oraz urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Choć od kilku lat realizowana jest na terenie województwa modernizacja infrastruktury przez śląskiego zarządcę: spółkę PKP Polskie Linie Kolejowe, stan torów wciąż jest niezadowalający. Na lata 2016-2020 planowanych jest kilkanaście inwestycji, m.in. na odcinku Gliwice Łabędy – Katowice – Sosnowiec Jęzor. Transport ładunków objętych umową ADR z wykorzystaniem torowisk o dużym stopniu zużycia mogłby skutkować rozszczelnieniem opakowań podczas transportu, uszkodzeniem ładunków i ulatnianiem niebezpiecznych i wybuchowych substancji.

Ponadto rozproszony system zarządzania w zakresie przewozów wymaga szczególnej kontroli spójności systemu. Brak integracji między infrastrukturą transportu kolejowego a innymi gałęziami transportu w województwie śląskim jest związany z wysokimi kosztami tworzenia terminali przeładunkowych. Niska skuteczność akcji „Tiry na tory” przyczynia się do ograniczonej multimodalności transportu. PKP Cargo Logistics realizuje jedynie dwa przewozy w tygodniu, transportując naczepy ciężarówek ze stolicy Polski do Niemiec. Idea umożliwia rozwój w zakresie multimodalności transportu, niemniej w kraju wciąż jest stosowana w bardzo ograniczonym zakresie.

Podobnie jak w przypadku transportu drogowego, do kluczowych szans, w obszarze infrastruktury kolejowej województwa śląskiego do transportu materiałów niebezpiecznych, można zaliczyć lokalizację województwa, politykę Unii Europejskiej oraz możliwość wykorzystania funduszy unijnych do tworzenia nowych linii kolejowych oraz modernizacji już istniejących. UE, zgodnie ze swoją strategią, przeznacza znaczną część funduszy na rozwój infrastruktury oraz unowocześnienie technologii komunikacji w transporcie kolejowym, która w dużej mierze wpływa na bezpieczeństwo transportu.

Z kolei zagrożeniem są zbyt niskie środki finansowe przeznaczane na modernizację i rozbudowę infrastruktury, działalność środowisk ekologicznych oraz bariery społeczne. Szczególnym zagrożeniem jest lobbing transportu drogowego, wywierany m.in. przez firmy transportowe. Zjawisko to przeciwstawiło się wszystkim próbom administracyjnego zredukowania zakresu działalności tej gałęzi transportu i choć działania na rzecz promowania przewozów intermodalnych miały bardzo rozległy charakter, wciąż transport drogowy uważany jest za najwygodniejszy, a także najtańszy.

Kolejna część analizy SWOT dotyczy oceny infrastruktury **transportu wodnego śródlądowego** do transportu materiałów niebezpiecznych. Bez wątpienia jej silną stroną jest funkcjonowanie portu rzeczno-jeziornego w Gliwicach. Choć wciąż ten rodzaj transportu nie należy do kluczowych na terenie województwa, zintensyfikowanie wykorzystania rzeki dla celów transportowych materiałów objętych umo-

wą ADR umożliwi nie tylko zredukowanie kosztów transportu, ale i wzrost bezpieczeństwa przewozu. Według danych udostępnionych przez Urząd Żeglugi Śródlądowej transport rzeczny jest najbezpieczniejszym rodzajem transportu; w 2014 roku odnotowano jedynie 10 zdarzeń, przy czym żadne z nich nie dotyczyło transportu materiałów objętych umową ADR.

Choć transport wodny jest jednym z najbezpieczniejszych i najtańszych rodzajów transportu, to ze względu na postępującą utratę przez rzeki walorów umożliwiających transport jego wykorzystanie jest w dużej mierze ograniczone możliwościami technicznymi. Kolejną istotną słabą stroną jest brak zintegrowania transportu wodnego śródlądowego z europejską infrastrukturą, w związku z czym transport materiałów niebezpiecznych z wykorzystaniem tej gałęzi transportu umożliwia wyłącznie przemieszczanie ładunków w obrębie kraju, a ponadto ze względu na niski stopień jego dostępności wymaga zastosowania dodatkowo środków transportu innych gałęzi. Z uwagi na uwarunkowania klimatyczne Polski transport śródlądowy jest ograniczony w okresie zimowym w wyniku zamarznięcia tafli dróg wodnych.

Do kluczowych szans zalicza się m.in. strategię woj. śląskiego ukierunkowaną na intensyfikację wykorzystania zasobów wodnych. Z kolei zagrożeniem jest niewielki odsetek przewozów realizowanych z wykorzystaniem tej gałęzi transportu, w wyniku czego traci ona na znaczeniu. Transport wodny śródlądowy wymaga podejmowania szeregu przedsięwzięć w celu dostosowania dróg transportowych do żeglugi. Dużą barierą w tym zakresie jest działalność środowisk ekologicznych, które chronią naturalne ekosystemy rzeczne. Pogłębianie oraz regulowanie dna rzeki może spowodować przyspieszenie nurtu, skutkując podtopieniami terenów, które znajdują się w dole rzeki. Dostosowanie infrastruktury transportu wodnego śródlądowego, oprócz barier związanych z działalnością organizacji ekologicznych, napotyka na ograniczenie w postaci braku wystarczających funduszy na realizację przedsięwzięcia.

Ostatnia część analizy z wykorzystaniem narzędzia SWOT dotyczy oceny **infrastruktury lotniczej** województwa śląskiego do transportu materiałów niebezpiecznych. Najważniejszą silną stroną jest funkcjonowanie portu lotniczego Katowice Airport, który w ciągu roku wykonuje ponad 25 tys. operacji lotniczych. Port zlokalizowany jest na przecięciu szlaków komunikacyjnych i jest dobrze zintegrowany z infrastrukturą transportu drogowego, w związku z czym możliwe jest realizowanie przewozów multimodalnych ładunków niebezpiecznych z wykorzystaniem obu gałęzi transportu.

Natomiast do słabych stron zaliczono ograniczony udział lotnisk lokalnych w przewozach lotniczych w województwie. Barierę stanowi tu relatywnie niewielka ilość środków finansowych przeznaczanych na rozwój lotnisk lokalnych. Niemniej stanowi to szansę dla rozwoju tej gałęzi transportu w województwie, poprzez przekształcenie lotnisk lokalnych w porty lotnicze użytku publicznego. Największym zagrożeniem dla transportu lotniczego są jego koszty związane ze stałym wzrostem paliw. Przy wyborze gałęzi transportu do przewozu materiałów niebezpiecznych przedsiębiorstwa oprócz bezpieczeństwa przewozu, kierują się głównie kosztami.

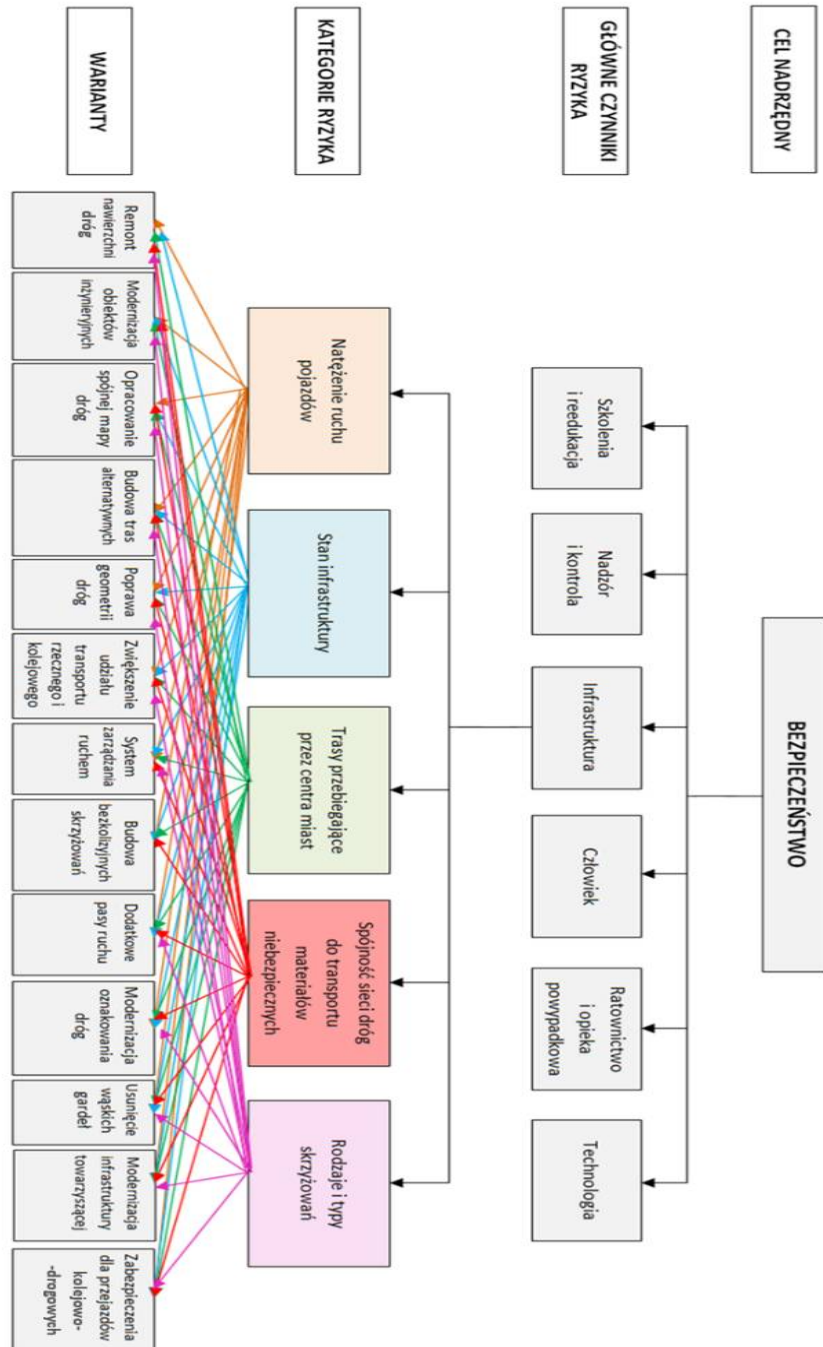
Zastosowanie analizy SWOT do oceny funkcjonowania infrastruktury transportu województwa śląskiego do przewozu materiałów niebezpiecznych umożliwiło zidentyfikowanie jej słabych i silnych stron, a także szans i zagrożeń. Przeprowadzona analiza pozwoliła stwierdzić, że infrastruktura woj. śląskiego ma wiele silnych stron w odniesieniu do transportu materiałów objętych umową ADR, jak również słabych stron, które mogą bezpośrednio lub pośrednio wpłynąć na bezpieczeństwo, jakość i komfort transportu materiałów niebezpiecznych.

Z transportem materiałów niebezpiecznych szczególnie związek ma bezpieczeństwo, a więc zapewnienie warunków przewozu niezagrażających zdrowiu i życiu ludzi, a także środowisku naturalnemu. Na bezpieczeństwo transportu, oprócz środków transportu, organizacji i koordynacji procesu oraz osób uczestniczących w procesie przemieszczania ładunków z miejsca nadania do miejsca docelowego, wpływ ma infrastruktura transportu. Infrastruktura może korzystnie wpływać na bezpieczeństwo transportu bądź może stwarzać zagrożenie powstania sytuacji niebezpiecznej.

Identyfikacja i ocena wariantów decyzyjnych w zakresie poprawy bezpieczeństwa transportu drogowego materiałów niebezpiecznych z wykorzystaniem metody AHP

Transport materiałów niebezpiecznych jest procesem skomplikowanym z uwagi na zagrożenia, które może spowodować. Na każdym etapie transportu, od przygotowania ładunków do transportu, poprzez załadunek, przewóz, wyładunek i przekazanie dóbr końcowemu odbiorcy, powinny być zachowane najwyższe środki ostrożności, a wszelkie podejmowane działania powinny uwzględniać potencjalne ryzyko wystąpienia sytuacji zagrażającej życiu bądź zdrowiu ludzi i zwierząt, a także środowisku. Ze względu na obszerność analizowanego problemu skupiono się wyłącznie na infrastrukturze transportu drogowego. Do oceny ryzyka zagrożeń w zakresie infrastruktury transportu wykorzystano metodę *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Procedurę analitycznej hierarchizacji rozpoczęto od sformułowania celu nadrzędnego, jakim jest bezpieczeństwo w zakresie drogowego transportu ładunków niebezpiecznych na terenie województwa śląskiego. Następnie sformułowano główne czynniki ryzyka, które mają wpływ na bezpieczeństwo transportu, oraz kategorie ryzyka odnoszące się bezpośrednio do infrastruktury transportu drogowego. Ostatnimi elementami hierarchicznej reprezentacji problemu są warianty, które umożliwiają osiągnięcie celu nadrzędnego, czyli bezpieczeństwa w zakresie transportu. Dekompozycja badanego problemu została przedstawiona na *Rysunku 1*.



Rysunek 1. Hierarchiczna struktura problemu decyzyjnego w zakresie bezpieczeństwa transportu drogowego materiałów niebezpiecznych

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnym etapie dokonano ocen poszczególnych wariantów wpływających na poprawę bezpieczeństwa transportu drogowego materiałów niebezpiecznych. W pierwszej kolejności ocenione zostały warianty w odniesieniu do kryterium związanego z natężeniem ruchu na drogach. Następnie określono udział poszczególnych wariantów w realizacji sformułowanego celu głównego.

Analiza otrzymanych wyników wykazała, że wariantami o największym znaczeniu dla kryterium natężenia ruchu jest zwiększenie udziału transportu wodnego oraz kolejowego, jak również usunięcie wąskich gardeł infrastruktury. Ponadto budowa tras alternatywnych, stanowiących odciążenie dla istniejących już tras w województwie, umożliwiłaby przeciwdziałanie powszechnemu w województwie śląskim zjawisku kongestii, które charakteryzuje się większym natężeniem ruchu pojazdów w stosunku do możliwości wykorzystywanej infrastruktury. Kryterium decyzyjnym o kluczowym znaczeniu jest również usunięcie wąskich gardeł w zakresie komunikacji, np. poprzez połączenie przystanków autobusowych, tramwajowych i kolejowych, wyprowadzenie tranzytu ładunków z centrum miast oraz obszarów o największym natężeniu ruchu, rozwój transportu miejskiego, modernizacja skrzyżowań. Zredukowanie natężenia ruchu możliwe jest poprzez wprowadzenie dodatkowych pasów ruchu, dzięki którym istnieje możliwość bezpiecznego wyprzedzania na określonych odcinkach dróg. Z kolei wariantami o najmniejszym wpływie na rozpatrywane kryterium są modernizacja i uzupełnienie oznakowania dróg, modernizacja infrastruktury towarzyszącej oraz budowa systemów zabezpieczenia ruchu dla przejazdów kolejowo-drogowych.

W kolejnym etapie wyznaczono wartość współczynnika niespójności IR, dzięki któremu możliwa jest ocena wiarygodności i spójności opinii decydentów na badany temat.

Następnie oceniono warianty w odniesieniu do kryterium związanego ze stanem infrastruktury transportu drogowego. Analiza ocen wykazała, że wariantami najistotniejszymi w odniesieniu do kryterium bezpieczeństwa związanego ze stanem infrastruktury są remonty nawierzchni dróg, po których mogą poruszać się pojazdy transportujące materiały objęte umową ADR, oraz modernizacja obiektów inżynierskich. Ponadto kluczowy wpływ na stan infrastruktury ma poprawa geometrii dróg oraz modernizacja i uzupełnienie oznakowania dróg, stanowiącego elementy infrastruktury. Niewłaściwe oznakowanie dróg, m.in. znaki informacyjne usytuowane w zbyt małych odległościach od ewentualnych zjazdów, może wywołać niepokój wśród kierowców i zamieszanie na drodze z powodu braku możliwości wyhamowania pojazdu w celu wykonania planowanego manewru. Z kolei opracowanie spójnej sieci dróg do transportu materiałów niebezpiecznych nie ma wpływu bezpośrednio na stan infrastruktury, niemniej rzutuje na wybór trasy przewozu. Wdrożenie nowoczesnego systemu zarządzania ruchem drogowym stanowi wariant decyzyjny o znikomym wpływie na bezpieczeństwo transportu w kontekście analizowanego kryterium stanu infrastruktury.

W kolejnym etapie wyznaczono wartość współczynników. Współczynnik konsekwencji wyniósł 0,0624. Wartość współczynnika Random Index (RI) dla oceny uwzględniającej 13 wariantów decyzyjnych wynosi 1,5551. Wartość współczynni-

ka niezgodności jest więc równa 4,01% i mieści się w akceptowalnym przedziale $IR < 10\%$.

Kolejnym kryterium wpływającym na bezpieczeństwo transportu drogowego ładunków niebezpiecznych na terenie województwa śląskiego jest kryterium związane z trasami, które przebiegają przez centra miast bądź obszary zabudowane, po których dopuszczalny jest ruch pojazdów przewożących materiały niebezpieczne.

Opracowanie mapy dróg do transportu materiałów niebezpiecznych jest wariantem, dzięki któremu możliwe jest w dużej mierze uniknięcie transportu ładunków objętych umową ADR przez centra miast. Spójna sieć dróg do transportu materiałów niebezpiecznych musiałaby uwzględniać nie tylko aktualne warunki w województwie, ale również aspekty, które mogą pojawić się w przyszłości, związane m.in. z efektem rozlewania się miast, który z kolei jest związany z wyludnianiem się centrów miast w województwie, w wyniku czego następuje rozwój strefy podmiejskiej (suburbanizacja). Ponadto budowa tras alternatywnych, a także wzrost udziału transportu kolejowego i wodnego umożliwi ominięcie centrów miast w przypadku transportu materiałów niebezpiecznych. Z kolei wariantami decyzyjnymi o najmniejszym wpływie na spójność sieci dróg do transportu materiałów niebezpiecznych jest rozwój i budowa bezkolizyjnych skrzyżowań, modernizacja infrastruktury towarzyszącej oraz budowa systemów zabezpieczenia ruchu dla przejazdów kolejowo-drogowych. Wartość współczynnika IR jest mniejsza od 10%, a więc jest na poziomie akceptowalnym.

W kolejnym etapie, z wykorzystaniem metody AHP, oceniono poszczególne warianty poprawy bezpieczeństwa transportu drogowego materiałów objętych umową ADR, w odniesieniu do kryterium związanego ze spójnością sieci dróg do transportu ładunków niebezpiecznych na terenie województwa śląskiego. Choć wyznaczenie trasy do transportu ładunków niebezpiecznych leży w gestii przewoźników, nadzór nad wyznaczonymi trasami jest zadaniem Ministerstwa Gospodarki. Uregulowania prawne w zakresie wdrożenia przez kraje członkowskie Unii Europejskiej systemu monitorowania transportu omawianych materiałów nie zostały wdrożone w Polsce, w związku z czym wyznaczanie spójnych tras transportu omawianych ładunków oraz tras alternatywnych w przypadku zaistnienia sytuacji awaryjnej jest utrudnione. Gminy we własnym zakresie mogą opracowywać mapy dla przewoźników materiałów niebezpiecznych, niemniej nie jest to nadzorowane przez właściwy organ państwowy.

Analizując kryterium spójności sieci dróg do transportu materiałów objętych umową ADR, stwierdzono, że wariantami decyzyjnymi o największym znaczeniu dla bezpieczeństwa transportu są opracowanie spójnej mapy dróg do transportu materiałów niebezpiecznych oraz budowa tras alternatywnych bądź przystosowanie tras alternatywnych do transportu materiałów niebezpiecznych. Brak spójnej sieci dróg oraz sprecyzowania organów odpowiadających za ściśle wytypowanie tras do transportu rzeczonych materiałów wpływa na brak możliwości skoordynowania całego procesu, a tym samym na ryzyko powstania zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi. Wyznaczenie tras tworzących spójną sieć transportu oraz wdrożenie związanego z tym systemu monitorowania transportu jest uregulowane prawnie Rozporządzeniem Unii Europejskiej.

Z kolei wariantami o najmniejszej istotności w aspekcie rozpatrywanego kryterium są rozbudowa i budowa bezkolizyjnych skrzyżowań oraz budowa systemów zabezpieczenia ruchu dla przejazdów kolejowo-drogowych.

Podobnie jak w przypadku poprzednich kryteriów ze względu na możliwość wystąpienia braku spójności ocen dokonywanych przez ekspertów ze względu na ich indywidualny osąd oraz subiektywną opinię, konieczne było wyznaczenie współczynnika niespójności IR. Wartość współczynnika wyznaczono jako 9,09%, a więc mieszczącą się w akceptowalnym przedziale.

Ostatnim, piątym kryterium, które poddano analizie, był rodzaj i typ skrzyżowań na trasach transportu materiałów niebezpiecznych. Rodzaje i typy skrzyżowań, a także ich lokalizacja mają wpływ nie tylko na bezpieczeństwo transportu ładunków niebezpiecznych, ale na całokształt bezpieczeństwa na drogach. Dotyczy to m.in. skrzyżowań transportu drogowego, skrzyżowań z drogami transportu kolejowego, skrzyżowań z trasami, po których poruszają się piesi i rowerzyści. Jednym ze wskaźników określających ryzyko wystąpienia wypadku jest liczba wypadków przypadających na skrzyżowanie (najczęściej w statystykach uwzględniane są jedynie wypadki śmiertelne). Określenie liczby granicznej w odniesieniu do przepustowości skrzyżowania pozwala na wytypowanie najbardziej niebezpiecznych skrzyżowań i węzłów drogowych. Jednym z rodzajów skrzyżowań o stosunkowo niewielkim stopniu ryzyka wypadku jest skrzyżowanie o ruchu okrężnym. Istotnym parametrem skrzyżowań jest stosunek wymiarów gabarytowych pojazdów do kątów przecięcia osi dróg na skrzyżowaniu oraz układu geometrycznego pasów ruchu.

W drodze analizy kryterium rodzajów i typów skrzyżowań występujących na trasach transportu materiałów niebezpiecznych zastosowanie metody AHP umożliwiło stwierdzenie, że najistotniejszym wariantem decyzyjnym w tym zakresie jest budowa węzłów drogowych typu WA, WB i WC. Węzeł drogowy WA jest węzłem całkowicie bezkolizyjnym, ponieważ w jego przypadku nie występuje przecinanie się torów jazdy. W przypadku węzła drogowego typu WB istnieje możliwość wystąpienia kolizji, ponieważ tory jazdy częściowo się przecinają. Niemniej węzeł ten charakteryzuje się dużym stopniem bezpieczeństwa, ponieważ przeważają relacje bezkolizyjne. Innym rodzajem węzłów drogowych jest węzeł WC, który jest bezkolizyjny jedynie w aspekcie krzyżowania się jezdni dróg. W przypadku manewrów skrętnych istnieje możliwość wystąpienia kolizji. Węzeł drogowy typu WC stosuje się głównie w przypadku konieczności połączenia dróg o niższej kategorii. Ponadto istotnym wariantem decyzyjnym decydującym o bezpieczeństwie transportu w odniesieniu do rodzaju i typu skrzyżowań z innymi drogami transportowymi różnych kategorii jest budowa systemów zabezpieczenia ruchu dla przejazdów kolejowo-drogowych. Do metod poprawy bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych można zaliczyć m.in.:

- budowę wielopoziomowych skrzyżowań,
- samoczynną sygnalizację przejazdową,
- tarcze przejazdowe stanowiące informacje dla maszynisty o sprawności zabezpieczeń skrzyżowań.

W kolejnym etapie wyznaczono wartość współczynnika IR dla ostatniego, piątego kryterium oceny. Wartość współczynnika niespójności wyniosła 9,22% i stanowi wartość akceptowalną.

W wyniku zastosowania metody AHP do oceny ryzyka zagrożeń wynikających z realizacji transportu drogowego materiałów objętych umową ADR opracowano zestaw wytycznych do poprawy bezpieczeństwa transportu w zakresie infrastruktury na terenie województwa śląskiego. Ocenionych zostało trzynaście wariantów decyzyjnych w odniesieniu do pięciu głównych kryteriów mających wpływ na bezpieczeństwo transportu:

- natężenie ruchu pojazdów,
- stan infrastruktury,
- trasy przebiegające przez centra miast,
- spójność sieci dróg do transportu materiałów niebezpiecznych,
- bezpieczeństwo skrzyżowań z innymi drogami transportowymi różnych kategorii.

Tabela 1. Podsumowanie wyników analizy AHP

Lp.	Wariant decyzyjny	Lp.	Wariant decyzyjny
I	Remont nawierzchni dróg do transportu materiałów niebezpiecznych	VIII	Modernizacja skrzyżowań i budowa węzłów drogowych typu WA, WB i WC
II	Modernizacja obiektów inżynierskich	IX	Wprowadzenie dodatkowych pasów, umożliwiających bezpieczne wyprzedzanie na określonych odcinkach dróg
III	Opracowanie spójnej mapy dróg do transportu materiałów niebezpiecznych	X	Modernizacja i uzupełnienie oznakowania dróg
IV	Budowa tras alternatywnych	XI	Usunięcie wąskich gardeł
V	Poprawa geometrii dróg i ich przekrojów (drogi jednojezdniowe, drzewa przy drogach, brak chodników itp.)	XII	Modernizacja infrastruktury towarzyszącej (obiekty uspokojenia ruchu, zatoki przystankowe, chodniki, oświetlenie dróg transportowych)
VI	Zwiększenie udziału transportu rzeczno- i kolejowego	XIII	Budowa systemów zabezpieczenia ruchu dla przejazdów kolejowo-drogowych
VII	Wdrożenie nowoczesnego systemu zarządzania ruchem drogowym		

Źródło: Opracowanie własne

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wariantami decyzyjnymi o największym znaczeniu w zakresie poprawy bezpieczeństwa transportu są:

- opracowanie spójnej mapy dróg do transportu materiałów niebezpiecznych (III),
- budowa tras alternatywnych (IV),
- zwiększenie udziału transportu rzeczno- i kolejowego (VI).

Z kolei spośród ocenionych wariantów decyzyjnych najmniejsze znaczenie w zakresie poprawy bezpieczeństwa transportu materiałów niebezpiecznych w odniesieniu do rozpatrywanych kryteriów mają:

- modernizacja infrastruktury towarzyszącej (XII),
- budowa systemów zabezpieczenia ruchu dla przejazdów kolejowo-drogowych (XIII).

Podsumowanie

Analizowane warianty decyzyjne, w związku z ograniczeniem zakresu analizy do badania infrastruktury drogowej, są ze sobą ściśle powiązane. Stworzenie spójnej mapy dróg do transportu materiałów niebezpiecznych wymaga nie tylko wdrożenia odpowiednich procedur w tym zakresie, ale również dostosowania obecnej infrastruktury do rzeczoności transportu, m.in. w zakresie remontu nawierzchni dróg, modernizacji obiektów inżynierskich, budowy tras alternatywnych, poprawy geometrii dróg, tak aby opracowana mapa uwzględniała wyłącznie trasy przystosowane do transportu tych specyficznych ładunków. Z kolei zwiększenie udziału transportu rzeczno i kolejowego umożliwi zredukowanie ryzyka transportu, ponieważ z analiz bezpieczeństwa przewozu ładunków różnymi gałęziami transportu wynika, iż transport rzeczno i kolejowy należą do najbezpieczniejszych. Ponadto trasy transportu rzeczno i kolejowego nie przebiegają przez ściśle centra miast i w mniejszym zakresie niż w przypadku transportu drogowego występuje kontakt z innymi uczestnikami ruchu. Usunięcie wąskich gardeł w zakresie infrastruktury transportu umożliwi poprawę przepustowości dróg, a tym samym zmniejszenie wysokiego poziomu zagrożeń w ruchu drogowym na terenie województwa śląskiego. Uzupełnieniem podjętych badań będzie opracowanie modelu doskonalenia poziomu bezpieczeństwa w zakresie przewozu ładunków niebezpiecznych. Podstawę do opracowania modelu będzie stanowił zbiór trzynastu wariantów w zakresie planowania działań zapobiegawczych oraz środków zaradczych ukie-runkowanych na poprawę poziomu bezpieczeństwa transportu. Model będzie umożliwiał wybór wariantów decyzyjnych z uwzględnieniem ich przydatności i istotności w zakresie bezpieczeństwa. Ponadto w modelu zostanie uwidoczniiona konieczność ciągłego doskonalenia poziomu bezpieczeństwa poprzez definiowanie wartości docelowej wskaźników bezpieczeństwa transportu CSI (*Common Safety Indicators*) na coraz niższym poziomie.

Literatura

1. Bahlcke J., Gawrecki D., Kaczmarek R. (2011), *Historia Górnego Śląska. Polityka, gospodarka i kultura europejskiego regionu*, DWPN, Gliwice.
2. <http://www.gddkia.gov.pl/pl/a/3623/podpisano-umowe-na-najwiekszy-wezel-autostradowy-w-europie>
3. <http://www.gddkia.gov.pl/pl/2982/Diagnostyka-Stanu-Nawierzchni>
4. Kondracki J. (2011), *Geografia regionalna Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
5. Materiały udostępnione przez Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego.
6. Tomanek R. (2004), *Funkcjonowanie transportu*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.

CARGO SECURITY TRANSPORT COVERED BY THE ADR AGREEMENT IN SILESIA VOIVODSHIP

Abstract: Organization of transport dangerous goods is a process severely limited by legal regulations and the risk of improper handling of cargoes. The proper planning and implementation of the transport process depends on many factors, the result of which is safety. The ADR Agreement is the main legal act in Europe, that regulates the international carriage of dangerous goods by wheeled transport roads. The contract stipulates specific conditions of carriage. This ensures safety of transport while striving for a rational flow of goods. The article attempts to assess the infrastructure of the Silesian Voivodship for the implementation of dangerous goods transport. In addition, the risk assessment resulting from the implementation of transport processes was performed with AHP analysis (*Analytic Hierarchy Process*). The main aim of the analysis was the road transport of dangerous goods safety in the Silesian Voivodship.

Keywords: infrastructure, transport, cargo security transport, dangerous cargoes, the AHP method